

KAJIAN STRUKTUR ALIH FUNGSI BANGUNAN BAJA GUDANG BAHAN BAKU MENJADI SEKOLAH (Studi kasus: *Darmawan Park*, Babakan Madang, Bogor)

Ahmad Rifai¹, Nurul Chayati²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: nurulais12345@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Kajian struktur diperlukan untuk mengetahui ketahanan dan kekuatan struktur agar bangunan yang akan dibangun atau dialih fungsikan dari satu bangunan ke bangunan lainnya dapat berfungsi dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan struktur terhadap perubahan beban kerja akibat alih fungsi bangunan dari gudang menjadi sekolah. Analisis kekuatan struktur menggunakan metode LRFD dan berdasarkan SNI 03-1729-2002 serta menggunakan program komputer SAP2000, dilakukan pada elemen struktur rangka kuda – kuda, kolom dan balok. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur pada momen kritis untuk tekuk lateral dengan nilai $-114,510 \text{ kNm} < 24,550 \text{ kNm}$ terjadi pada kuda-kuda rangka 1 dan 14, dengan status aman. Perhitungan yang dilakukan gaya aksial tekan, gaya aksial lentur, dan kuat geser pada rangka kuda – kuda menyatakan bahwa struktur kuda – kuda aman. Pemeriksaan interaksi gaya aksial pada kolom, menyatakan status kekuatan terpenuhi. Juga untuk perhitungan struktur terhadap gaya aksial tekan, gaya aksial lentur, dan kuat geser pada balok menyatakan bahwa struktur balok aman.

Kata Kunci: LRFD, SNI 03-1729-2002, SAP2000, momen, kuat geser.

ABSTRACT

Structural analysis is needed to determine the resistance and strength of the structure so that the building to be built or to be converted from one building to another can function properly. This study aims to determine the resistance of the structure to changes in workload due to the change in function of the building from a warehouse to a school. Analysis of the structural strength using the LRFD method and based on SNI 03-1729-2002 and using the SAP2000 computer program, was carried out on truss, columns, and beams. The analysis results show that the structure at the critical moment for lateral buckling with a value of $-114.510 \text{ kNm} < 24.550 \text{ kNm}$ occurs in frame 1 and 14, with a safe status. The calculation of the axial compressive force, flexural axial force, and shear strength on the truss state that the truss structure is currently safe. Checks the interaction of axial forces on the column, states the force status is met. Also, for the calculation of the structure against the compressive axial force, the axial bending force, and the shear strength in the beam states that the beam structure is safe.

Key words: LRFD, SNI 03-1729-2002, SAP2000, moment, shear strength.

1. PENDAHULUAN

Bangunan terus mengalami perubahan dari waktu ke waktu demi mendapatkan manfaat yang maksimal. Salah satu upaya untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari suatu bangunan adalah dengan mengganti dari satu fungsi ke fungsi yang lain. Rekayasa struktur diperlukan untuk mengkaji suatu struktur bangunan untuk mengetahui ketahanan dan kekuatan struktur untuk mendapatkan standar kelayakan suatu bangunan yang akan dibangun ataupun dialih fungsikan dari satu bangunan ke bangunan lain. Pada awalnya, gudang bahan baku dibuat dengan tujuan untuk menyimpan semua persediaan yang dibutuhkan oleh semua bisnis unit yang ada di kawasan *Darmawan Park*. Bangunan gedung 3 (tiga) lantai dengan struktur menggunakan baja yang menghabiskan biaya cukup besar ini selalu menjadi sorotan dikarenakan pemanfaatannya dinilai tidak

seimbang dengan biaya yang telah dikeluarkan untuk membangun bangunan tersebut.

Gudang bahan baku di kawasan *Darmawan Park* tidak berfungsi secara maksimal, untuk itu manajemen mengambil langkah memanfaatkan bangunan baja gudang bahan baku untuk digunakan sebagai gedung bangunan sekolah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan struktur terhadap perubahan beban kerja akibat alih fungsi bangunan dari gudang menjadi sekolah.

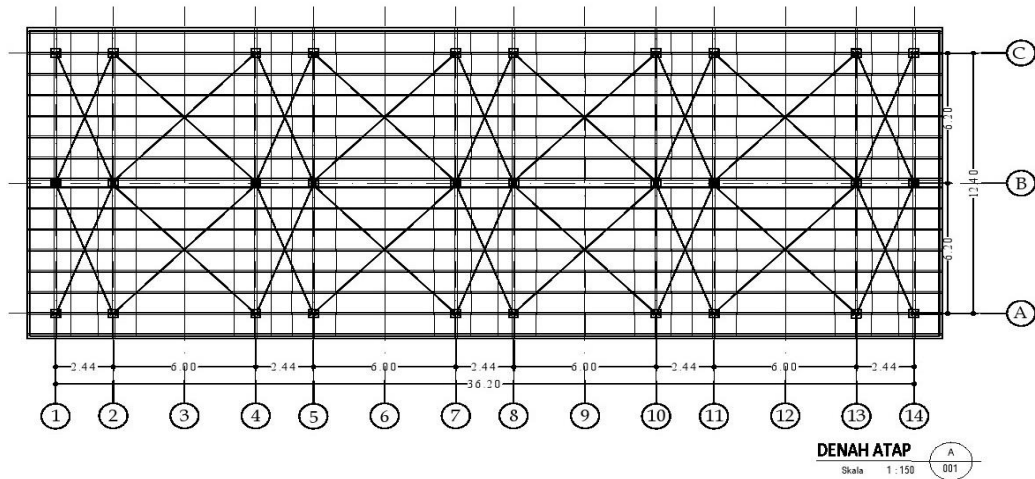
2. METODE PENELITIAN

Metodologi analisis struktur bangunan *eksisting* sesuai dengan metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*) / Perencanaan berdasarkan beban terfaktor (SNI-03-1729-2002). Dan pembebanan dihitung berdasarkan PPIUG 1983 dan beban gempa dihitung berdasarkan SNI-03-1726-2002. Analisis perhitungan struktur dan pemodelan menggunakan *software* sap2000v14.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan elemen – elemen struktur baja diperlihatkan pada uraian di bawah ini.

3.1 Gording



Gambar 1 Denah kuda-kuda

3.1 Pemeriksaan lendutan

Untuk memeriksa lendutan pada gording, data yang dibutuhkan yaitu:

$$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x = 7,205 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 507 \text{ cm}^4$$

$$q_x = 0.097 \text{ kg/cm}$$

$$q_y = 0.1680 \text{ kg/cm}$$

$$L = 600 \text{ cm (jarak antar kuda-kuda)}$$

$$\frac{1}{3}l = 200 \text{ cm (jarak antar penggantung gording)}$$

$$P_x = P \times \sin(30^\circ) = 100 \text{ kg/m}^2 \times \sin 30^\circ = 50 \text{ kg}$$

$$P_y = P \times \cos(30^\circ) = 100 \text{ kg/m}^2 \times \cos 30^\circ =$$

$$86.6025 \text{ kg}$$

$$f = \frac{L}{500} = \frac{600}{500} = 1.2 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5}{384} \times \frac{q_y \times L^4}{E \times I_y} + \frac{P_y \times L^3}{48 \times E \times I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{0.168 \times 600^4}{2 \times 10^6 \times 7,205} + \frac{86.6025 \times 600^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 7,205}$$

$$= 0.013 \times 1.511 + 0.003$$

$$= 0.019 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{q_x \times L^4}{E \times I_x} + \frac{P_x \times L^3}{48 \times E \times I_y}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{0.097 \times 200^4}{2 \times 10^6 \times 507} + \frac{50 \times 200^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 507}$$

$$= 0.013 \times 0.011 + 0.01$$

$$= 0.01 \text{ cm}$$

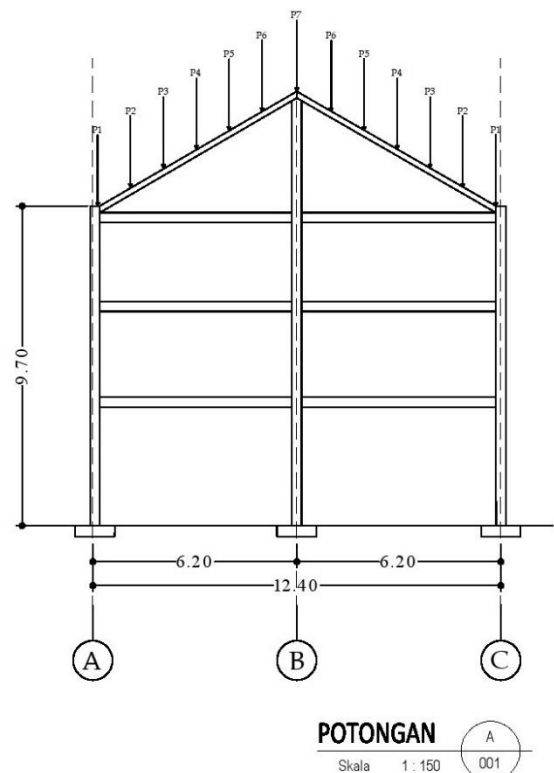
Maka:

$$f = \sqrt{f_y^2 + f_x^2} < f = 1.50 \text{ cm}$$

$$= \sqrt{0.01^2 + 0.019^2} = 0.029 \text{ cm} < f = 1.50 \text{ cm}$$

Gording CNP 200 x 75 x 20 (3.20) aman dan dapat dipakai.

3.2 Pembebanan kuda – kuda



Gambar 2 Distribusi pembebanan

Beban merata akibat beban mati:

$$q = \frac{\Sigma P}{0.5 L} = \frac{2(1,113) + 15(1,606)}{0.5(14)} = 1,924 \text{ kN}$$

Beban merata akibat beban hidup:

Dipilih yang terbesar antara beban manusia atau beban air hujan.

$$\text{Beban manusia (P)} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban air hujan (q}_{ah}) = 40 - 0.8\alpha \geq 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$= 40 - 0.8(30^\circ) \geq 0.2 \text{ kN/m}^2$$

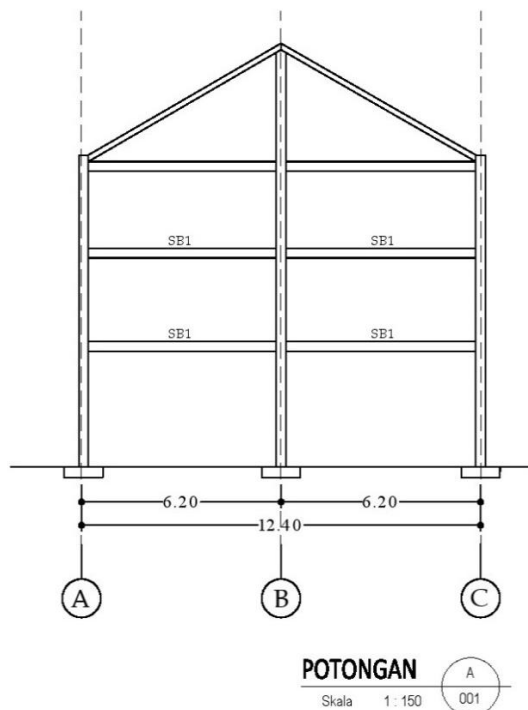
$$\begin{aligned}
 &= 0.16 \text{ kN/m}^2 \geq 0.2 \text{ kN/m}^2 \\
 P &= q_{ah} \times \text{jarak antar gording} \times \text{jarak antar kuda-kuda} \\
 &= 0.16 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 6 \text{ m} \\
 &= 0.96 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka dipilih beban akibat air hujan = 1.0 kN, sehingga:

$$q = \frac{7(0.96)}{0.5(14)} = 0.96 \text{ kN}$$

- Tekanan angin pada bidang datar
 Tekanan angin = 0.40 kN/m²
 Koefisien angin tekan (C_{tk}) = 0.1
 $W_t = 0.1 \times 0.40 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m}$
 $= 0.24 \text{ kN/m}$
 Koefisien angin hisap (C_{hs}) = -0.4
 $W_h = -0.4 \times 0.40 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m}$
 $= -0.96 \text{ kN/m}$
- Tekanan angin pada bidang dinding
 Tekanan angin = 0.40 kN/m²
 Koefisien angin tekan (C_{tk}) = 0.9
 $W_t = 0.9 \times 0.40 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m}$
 $= 2.16 \text{ kN/m}$
 Koefisien angin hisap (C_{hs}) = -0.4
 $W_h = -0.4 \times 0.40 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m}$
 $= -0.96 \text{ kN/m}$

2. Analisis Struktur Balok



Gambar 3 Struktur Balok Rangka 1 dan 14

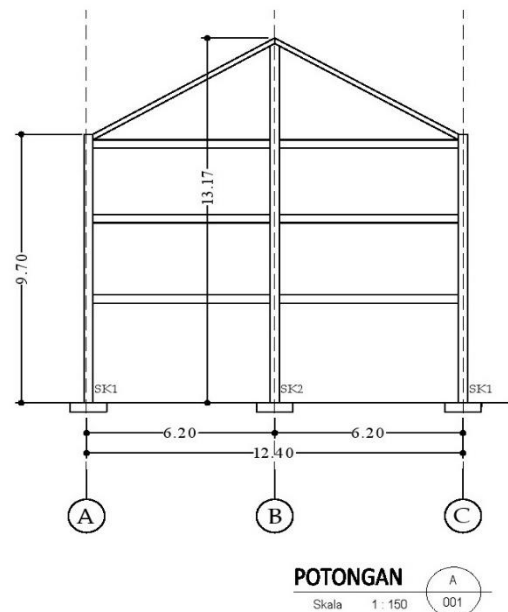
Total beban mati (N_D) pada balok Rangka 1 dan 14 terlampir pada tabel di bawah ini:

Tabel 1 Total beban mati (N_D) balok 1 dan 14

Balok	q_D Total (kN) N_D dinding + N_D profil
SB1 - A/B	235,788
SB1 - B/C	154,134

(Sumber: Hasil Perhitungan)

3. Analisis Struktur Kolom



Gambar 4 Potongan Kolom Rangka 1 dan 14

Total beban mati (N_D) pada kolom Rangka 1 dan 14 terlampir pada tabel di bawah ini:

Tabel 2 Total Beban Mati (N_D) Kolom 1 dan 14

Kolom	q_D Total (kN)
SK - A & C	215,5054
SK1-B	222,2073

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Total beban hidup (N_L) pada kolom Rangka 1 dan 14 terlampir pada tabel di bawah ini:

Tabel 3 Total Beban Hidup (N_L) Kolom 1 dan 14

Kolom	N_L Akibat air hujan (kN)	N_L Akibat lantai (kN)	P (kN)	Total q_L (kN)
SK1-A	0,8384	46,50	1	48,3384
SK2-B	3,3504	46,50	1	50,8504
SK1-C	0,8384	46,50	1	48,3384

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Beban angin (W)

Tekanan angin : 0.40 kN/m²

Koefisien angin tekan (C_{tk}) : 0.9

Koefisien angin hisap (C_{hs}) : -0.4

Beban angin tekan dan hisap terlampir di bawah ini:

Tabel 4 Beban angin tekan - hisap kolom 1 dan 14

Kolom	Angin Tekan (q_{ek})	q_w tekan (kN/m ²)	Angin Tekan (q_{ek})	q_w hisap (kN/m ²)
SK1-A	0,36	0,42		
SK2-B	0,36	0,84	-0,16	-1,12
SK1-C			-0,16	-0,56

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5 Beban Angin (M_w) Kolom 1 dan 14

Kolom	M_w tekan (kNm)	M_w hisap (kNm)
SK1-A	4,9256115	
SK2-B	18,1601	-8,0712
SK1-C		-2,1892

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Total beban angin (q_w) pada kolom Rangka 1 dan 14 terlampir pada tabel di bawah ini:

Tabel 6 Total Beban Angin (q_w) Kolom 1 dan 14

Kolom	q_w Total (kNm)
SK1-A	4,9256
SK2-B	10,0889
SK1-C	-2,1892

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Periksa kekakuan portal kolom

Tabel 7 Kekakuan kolom Rangka 1 dan 14

Kolom	G_{Ax}	G_{Ay}
SK2 - B Kolom	0,47	0,47
SK1 - C Kolom	0,64	0,64
SK1 - A Kolom	0,64	0,64

(Sumber: SNI 03-1729-2002, Butir 7.6.3.3; Hal. 29)

Jenis rangka komponen struktur bergoyang sehingga dari nomogram didapatkan nilai, terlampir pada tabel di bawah ini:

Tabel 8 Faktor Panjang Tekuk Kolom 1 dan 14

Kolom	K_{ex}	K_{ey}	L_k (cm)
SK2 - B Kolom	1,70	1,69	2238,90
SK1 - C Kolom	1,79	1,79	1736,30
SK1 - A Kolom	1,79	1,79	1736,30

(Sumber: SNI 03-1729-2002, Butir 7.6.3; Hal. 29 dan Nomogram Gambar 7.6-2; Hal. 33)

Tabel 9 Parameter Kelangsingan Kolom 1 dan 14

Kolom	λ (cm)	λ_c
SK2 - B Kolom	796,7616	8,78
SK1 - C Kolom	617,9004	6,81
SK1 - A Kolom	617,9004	6,81

(Sumber: SNI 03-1729-2002, Butir 7.6.1; Hal. 27)

Tabel 10 Daya Dukung Nominal Komponen Struktur Tekan Kolom Rangka 1 dan 14

Kolom	$\lambda_c > 1.20$	ω	f_{cr}	P_n	$\phi P_n > P_u$	Status
SK2 - B Kolom	8,78 > 1,20	96,40	24,8950218	928,58	789 > -5369,08	aman
SK1 - C Kolom	6,81 > 1,20	57,98	43,1182514	1608,31	1367 > -4397,630	aman
SK1 - A Kolom	6,81 > 1,20	57,98	41,3935214	1543,98	1312 > -4397,630	aman

(Sumber: SNI 03-1729-2002, Butir 7.6.2; Hal. 27)

Periksa penampang profil**Tabel 11** Perbandingan Lebar Terhadap Tebal Penampang Profil Kolom Rangka 1 dan 14

Kolom		<i>Flens</i>			<i>Web</i>			Kategori penampang
SK2 - B	Kolom	6,94	≤	16,14	41,67	≤	42,93	Kompak
SK1 - C	Kolom	6,94	≤	16,14	41,67	≤	42,93	Kompak
SK1 - A	Kolom	6,94	≤	16,14	41,67	≤	42,93	Kompak

(Sumber: SNI 03-1729-2002; Tabel 7.5-1, Hal. 30)

Tabel 12 Kuat Lentur Nominal Penampang Kolom Rangka 1 dan 14 ($\lambda \leq \lambda_p$)

Kolom		$M_{nx} = M_{np}$ (kNm)			$M_{ny} = M_{np}$ (kNm)			Status
SK2 - B	Kolom	7776,00	≤	11664,00	1175	≤	1762,5	oke
SK1 - C	Kolom	7776,00	≤	11664,00	1175	0	1762,5	oke
SK1 - A	Kolom	7776,00	≤	11664,00	1175	0	1762,5	oke

(Sumber: SNI 03-1729-2002, Butir 8.2.3; Hal. 36)

Tabel 13 Kategori Panjang Bentang Kolom Rangka 1 dan 14

Kolom		L_r (cm)			L (cm)	Kategori bentang
			≤		Panjang bentang kolom	
SK2 - B	Kolom	275,07	≤	1317,00		Panjang
SK1 - C	Kolom	275,07	≤	970,00		Panjang
SK1 - A	Kolom	275,07	≤	970,00		Panjang

(Sumber: SNI 03-1729-2002, Tabel 8.3-2; Hal. 38)

Tabel 14 Momen Kritis Untuk Tekuk Lateral Kolom Rangka 1 dan 14

Kolom		$M_n = M_{cr}$ (kNm)	≤	M_p (kNm)	C_b	Status
SK2 - B	Kolom	9,0174	≤	7776	1,144	aman
SK1 - C	Kolom	15,9858	≤	7776	1,343	aman
SK1 - A	Kolom	15,9858	≤	7776	1,255	aman

(Sumber: SNI 03-1729-2002, Tabel 8.3-1)

Jadi momen nominal komponen struktur terhadap lentur yang dipakai pada kolom rencana adalah:

Kolom SK2 – B, $M_u = 9.0174$ kNm

Kolom SK1 – C, $M_u = 15.9858$ kNm

Kolom SK1 – A, $M_u = 15.9858$ kNm

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan bahasan, diperoleh kesimpulan dengan analisis struktur rangka baja kuda-kuda rangka 1 dan 14 pada pemeriksaan momen kritis untuk tekuk lateral dengan nilai $-114,510 \text{ kNm} < 24,550 \text{ kNm}$ status aman. Pemeriksaan interaksi gaya aksial dominasi tekan rangka kuda-kuda rencana dengan nilai $-0,6284 \geq 0,2$ status kekuatan tidak terpenuhi dan interaksi momen dominasi tekan dengan nilai $-3,92 \leq 1$ status kekuatan terpenuhi. Pemeriksaan interaksi gaya aksial dominasi lentur rangka kuda-kuda rencana dengan nilai $-0,66654 < 0,2$ status kekuatan terpenuhi dan $-4,04 \leq 1$ status kekuatan terpenuhi. Pemeriksaan kuat rencana geser pada pelat badan rangka kuda-kuda rencana dengan nilai $-4,650 \text{ kN} < 290,045 \text{ kN}$ status pemeriksaan aman untuk digunakan. Analisis struktur rangka baja pada balok rangka 1 dan 14 pada pemeriksaan interaksi gaya aksial dominasi tekan rangka balok batang I dengan nilai $-0,410 \geq 0,20$ status kekuatan tidak terpenuhi dan batang II $0,458 \geq 0,2$ status kekuatan terpenuhi dan interaksi momen dominasi tekan batang I dengan nilai $-0,609 \leq 1$ dan batang II $-0,009 \leq 1$ status kekuatan terpenuhi. Pemeriksaan interaksi gaya aksial dominasi lentur rangka balok batang I $-0,387 < 0,2$ status kekuatan terpenuhi dan batang II $0,433 < 0,2$ status kekuatan tidak terpenuhi dan interaksi momen dominasi lentur batang I $-0,417 \leq 1$ dan batang II $-0,009 \leq 1$ status kekuatan terpenuhi. Pemeriksaan kuat rencana geser pada pelat badan rangka balok batang I $0,41 < 483,41 \text{ kN}$ dan batang II $0,37 < 483,41$ status pemeriksaan keduanya aman untuk digunakan. Analisis struktur rangka baja pada kolom pemeriksaan interaksi gaya aksial dominasi tekan kolom rangka 1 dan 14 dengan nilai SK2-B $-6,802 \geq 0,2$ SK1-C $-3,217 \geq 0,2$ dan SK1-A $-3,217 \geq 0,2$ status kekuatan tidak terpenuhi dan interaksi momen dominasi tekan dengan nilai SK2-B $-6,802 \leq 1$ SK1-C & SK1-A $-3,201 \leq 1$ status kekuatan terpenuhi. Pemeriksaan interaksi gaya aksial dominasi lentur kolom rangka 1 dan 14 SK2-B $-6,424 < 0,2$, SK1-C & SK1-A $-3,038 < 0,2$ status kekuatan terpenuhi dan interaksi momen dominasi lentur SK2-B $-3,212 \leq 1$,

SK1-C & SK1-A $-1,501 \leq 1$ status kekuatan terpenuhi. Pemeriksaan kuat rencana geser pada pelat badan rangka kolom rangka 1 dan 14 SK2-B $25,250 \text{ kNm} < 386,73 \text{ kNm}$, SK1-C & SK1-A $19,100 \text{ kNm} < 386,73 \text{ kNm}$ status pemeriksaan aman untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amon, R. dan Mazumder, B.K.A. (2000). *Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek 1*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Christian, A. (2009). *BAB I Pendahuluan; Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Software ETABS, SAP2000 & SAFE*. Internet: www.eprints.undip.ac.id/2009_chapter-1.pdf.
- Elpan, Rinald. *Pengenalan SAP2000*. Internet: https://googleweblight.com/?lite_url=http://www.slideshare.net/mobile/elpanrinald/i/pengenalan-sap-2000&ei=bv2N0VGQ&lc=en-ID&s=1&m=651&host=www.google.co.id&ts=1460558221&sig=APY536xDEVN8StR8MfxHjzackuXB6FowVQ.
- Hariandja, B. (1997). *Mekanika Bahan dan Pengantar Teori Elastisitas*. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Komputer, Wahana. 2010. *Analisis Struktur Bangunan dan Gedung dengan SAP 2000 versi 14*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Media Industri. 2008. *Strategi Memperkuat Industri Baja Nasional*. Media Industri: Jakarta.
- Oentoeng. 2000. *Perhitungan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Dengan Contoh Batang Tarik Dan Tekan*. Internet: www.ced.petra.ac.id, diakses tanggal 30 Maret 2016.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- SNI 03-1729-2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum.